

Mudanças Climáticas em Sete Lagoas-MG, Brasil: Tendências de Variações de Temperatura e Precipitação entre 1926 e 2021



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
226**

**Mudanças Climáticas
em Sete Lagoas-MG, Brasil:
Tendências de Variações de Temperatura
e Precipitação entre 1926 e 2021**

Elena Charlotte Landau
Daniel Pereira Guimaães
Gabriele Moreira Valadares

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2021*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Elena Charlotte Landau (Estações Meteorológicas de Sete Lagoas/Inmet. A vista da convencional (esquerda) foi obtida em 06/nov./2007; e a da automática (direita), em 15/jun./2017)

1ª edição
Publicação digital (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Landau, Elena Charlotte.

Mudanças climáticas em Sete Lagoas-MG, Brasil: tendências de variações de temperatura e precipitação entre 1926 e 2021 / Elena Charlotte Landau, Daniel Pereira Guimarães, Gabriele Moreira Valadares. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

30 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 226).

1. Temperatura. 2. Precipitação pluvial. 3. Clima. 4. Aquecimento. I. Guimarães, Daniel Pereira. II. Valadares, Gabriele Moreira. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 551.5

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

© Embrapa, 2021

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	08
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	13
Considerações Finais.....	24
Referências	25

Mudanças Climáticas em Sete Lagoas-MG, Brasil: Tendências de Variações de Temperatura e Precipitação entre 1926 e 2021

Elena Charlotte Landau¹

Daniel Pereira Guimarães²

Gabriele Moreira Valadares³

Resumo – O aquecimento global e os efeitos relacionados a esse fenômeno representam uma preocupação para a tomada de decisões na agropecuária e outras atividades dependentes do clima. Este trabalho objetiva identificar possíveis tendências de mudanças climáticas de temperatura e precipitação pluvial ou pluviométrica, considerando período de análise de mais de 90 anos consecutivos, na Estação Meteorológica de Sete Lagoas, Minas Gerais. As análises de tendência de mudança de temperatura e dos padrões de precipitação foram realizadas através do ajuste de regressão linear simples. Foram analisadas possíveis tendências de mudanças nos padrões de temperatura e precipitação nas últimas décadas considerando série histórica de dados registrados na Estação Meteorológica de Sete Lagoas entre 1926 e 2021. Foi constatado aumento médio significativo (para 5%) de 1,85 °C na temperatura média, de 1,78 °C na média das máximas, de 1,72 °C na média das mínimas, de 2,38 °C nas máximas absolutas e de 2,19 °C nas mínimas absolutas, enquanto a temperatura média global aumentou em torno de 0,5 °C no último século. As maiores tendências de aumento médio mensal das temperaturas foram observadas principalmente em meses de inverno. Apesar da considerável variação interanual, durante o período também foi observado incremento médio de 35,45 mm de precipitação, concentração das chuvas num período seis dias menor, diminuição de sete dias com volumes precipitados entre 1 mm e 10 mm, preferenciais para a

1 Elena Charlotte Landau, Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG;

2 Daniel Pereira Guimarães, Engenheiro Florestal, Doutor em Ciência Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG

3 Gabriele Moreira Valadares, Bolsista Faped/Proj Zarc na Embrapa Milho e Sorgo e estudante no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG.

agricultura, e aumento da ocorrência de eventos extremos representados pela incidência de dias com chuvas de maior magnitude. A identificação de tendências locais de mudanças climáticas poderá subsidiar políticas públicas e contribuir para o desenvolvimento sustentável da região, visando minimizar riscos associados às incertezas climáticas e auxiliando no planejamento das atividades agropecuárias, turísticas e outras, podendo adicionalmente representar um documento de referência para estudos de variabilidades e mudanças climáticas globais.

Termos para indexação: aquecimento global, temperatura, precipitação

Climate changes in Sete Lagoas-Minas Gerais, Brazil: trends in temperature and precipitation variations between 1926 and 2021

Abstract – Global warming and the effects related to this phenomenon represent a concern for decision-making in agriculture and other climate-dependent activities. This work aims to identify possible trends in climate change in terms of temperature and rainfall, considering the period of analysis of more than 90 consecutive years, at the Meteorological Station of Sete Lagoas, State of Minas Gerais, in Brazil. The trend analysis of temperature and precipitation change patterns were performed through simple linear regression fit. Possible trends in changes of temperature and precipitation patterns in the last decades were analyzed considering the historical series of data recorded at the Meteorological Station of Sete Lagoas between 1926 and 2021. A significant average increase (to 5%) of 1.85 °C was observed in the average temperature, of 1.78 °C in the average of the maximum, of 1.72 °C in the average of the minimum, 2.38 °C in the absolute maximum and 2.19 °C in the absolute minimum. The highest trends of monthly average temperatures increase were observed mainly in winter months. Despite the considerable interannually variation, there was also an average increase of 35.45 mm of precipitation, but a tendency to concentrate rainfall over a shorter period of six days, and a decrease in days with precipitated volumes between 1 mm and 10 mm, which are preferable for agriculture. The identification of local trends in climate change may subsidize public policies and contribute to the sustainable development of the region, aiming to minimize risks associated with climatic uncertainties and assisting in the planning of agricultural, tourist and other activities, and may additionally represent a reference document for studies of global variability and climate change.

Index terms: global warming, temperature, precipitation

Introdução

Mudanças climáticas e os efeitos ocasionados por estas representam uma preocupação importante para futuras tomadas de decisões na agropecuária e outras atividades dependentes do clima. A Organização Meteorológica Mundial – OMM (Organização das Nações Unidas, 2021) informou que os últimos seis anos estiveram entre os mais quentes registrados desde 1880 (era pré-industrial), sendo notável a velocidade com que as temperaturas estão aumentando globalmente. Back (2001) e Nobre et al. (2012) também citaram o aumento da temperatura média global a partir do início do século, com tendência de maior incremento nos anos seguintes, principalmente em decorrência do aumento da emissão e concentração na atmosfera de gases que contribuem para o efeito-estufa, como o dióxido de carbono.

As projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021) preveem que nos próximos 100 anos poderá haver um aumento da temperatura média global entre 1,8 °C e 4,0 °C, e um aumento do nível médio do mar entre 0,18 m e 0,59 m, o que deverá afetar significativamente os ecossistemas terrestres e as atividades humanas. O aquecimento global tem impactos profundos no planeta, influenciando principalmente na intensificação de fenômenos meteorológicos (frequência e volume de chuvas, tempestades severas, inundações, vendavais, ondas de calor, secas prolongadas), e na consequente distribuição geográfica e riscos da extinção de espécies da fauna e flora, de proliferação de espécies causadoras de doenças e de definição de locais e épocas mais indicados para o plantio de espécies agrícolas, entre outros (Siqueira et al., 2000; Lima et al., 2001; Cunha, 2003; Marengo et al., 2007; Deconto, 2008; Marengo, 2007, 2008; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021).

Na agricultura, a variação da temperatura e dos padrões de precipitação pluviométrica (chuva) influencia diretamente no crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas, na indicação de locais e épocas com menores riscos para a semeadura, na produtividade das lavouras, no manejo dos solos e no controle integrado de pragas e doenças, por exemplo. As características climáticas exercem influência sobre todos os estágios da produção agrícola, abrangendo a preparação da terra, a semeadura, o desenvolvimento dos cultivos, a colheita, o armazenamento, o transporte e a comercialização (Ayoade, 1996; Gadioli et al., 2000; Guissem et al., 2001;

Didonet et al., 2002). As características climáticas também são importantes para a seleção de regiões mais adaptadas para o plantio de determinadas cultivares (Cunha; Assad, 2001).

A chuva influencia na disponibilidade hídrica natural do solo, contribuindo para a absorção de água e de nutrientes pelas raízes, e influenciando na taxa de fotossíntese, através da regulação da abertura e fechamento dos estômatos e da decorrente fixação de CO₂. A temperatura do ar e a variação desta também interferem na fotossíntese, pois afetam a taxa das reações metabólicas das plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal destas (Ayoade, 1996; Monteiro, 2009; Sentelhas; Monteiro, 2015). Ungaro et al. (1997) e Thomaz et al. (2012) observaram que o aumento da temperatura causou redução nos teores de proteína, óleos e ácido linoleico nos aquênios de girassol.

Os fatores climáticos também favorecem ou limitam a ocorrência local de microrganismos benéficos ou não (fungos, bactérias, vírus) e de espécies que podem causar doenças, tornar-se pragas ou atuar no controle biológico de doenças ou pragas (Fiorin; Dal Ross, 2015). Temperatura e precipitação adicionalmente influenciam na intemperização dos solos (Vasconcellos, 1998). Assim, a identificação de tendências de mudanças climáticas numa região é de grande importância para o planejamento de ações locais dependentes do clima, dando suporte para a escolha de atividades agrícolas e opções de manejo economicamente viáveis e mais sustentáveis.

Este trabalho objetiva identificar possíveis tendências de mudanças climáticas de temperatura e precipitação pluvial ou pluviométrica, considerando período de análise de mais de 90 anos consecutivos, complementando e atualizando análises realizadas anteriormente abrangendo séries históricas menores locais ou de outras regiões do País, visando subsidiar o planejamento de ações regionais influenciadas pelo clima, entre as quais agricultura, pecuária, planejamento urbano, defesa civil, aviação, turismo e conservação ambiental; contribuindo para o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas - ONU (<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>): ODS 13 - "Ação Contra a Mudança Global do Clima" e ODS 2 - "Fome Zero e Agricultura Sustentável".

Material e Métodos

Foram analisados dados registrados nas Estações Meteorológicas de Sete Lagoas integrantes da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) entre maio/1926 e abril/2021. De 03/maio/1926 a 18/julho/2016 foram considerados dados diários obtidos na estação meteorológica convencional localizada na fazenda da Embrapa Milho e Sorgo, em área rural do Município de Sete Lagoas, MG (19° 29' 04,3440" S, 44° 10' 25,6728" W1; altitude 753,68 m; código da estação: 83585) (**Figura 1**). A partir de 11/junho/2016 passaram a ser registrados dados horários obtidos em estação do tipo automática instalada em área rural da mesma fazenda, a aproximadamente 3,2 km ao norte da anterior (19° 27' 18,999972" S, 44° 10' 23,999952" W2; altitude 719 m; código da estação: A569) (**Figura 1**).

No caso dos dados provenientes da estação automática, com base nos dados horários, foram calculados dados diários. Durante o período de sobreposição de registros de dados nas duas estações foi considerada a média dos dados registrados em ambas. Ao considerar conjuntamente dados registrados nas duas estações se supôs que não houve diferenças significativas entre os registros obtidos nestas em relação às variáveis temperatura e precipitação. Esta suposição baseou-se na comparação entre os valores diários extremos de temperatura registrados nestas durante os 38 dias em que ocorreram registros simultâneos (11/junho a 18/julho/2016) (**Figura 2**). Não foi possível comparar a similaridade entre registros diários de precipitação, já que o período em que ambas as estações estiveram ativas ocorreu durante época de estiagem na região, com registros de ocorrência de precipitação em ambas as estações apenas num único dia durante esse período.

4 Latitude e longitude da estação meteorológica convencional 1926-2016, em graus decimais: -19,484540 e -44,173798.

5 Latitude e longitude da estação meteorológica automática 2016-Atualmente operante, em graus decimais: -19,45527777 e -44,17333332.



Figura 1. Localização geográfica das Estações Meteorológicas convencional e automática de Sete Lagoas/Instituto de Meteorologia (Sete Lagoas-MG), Brasil. Fontes: IBGE (2020) e Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 2021b).

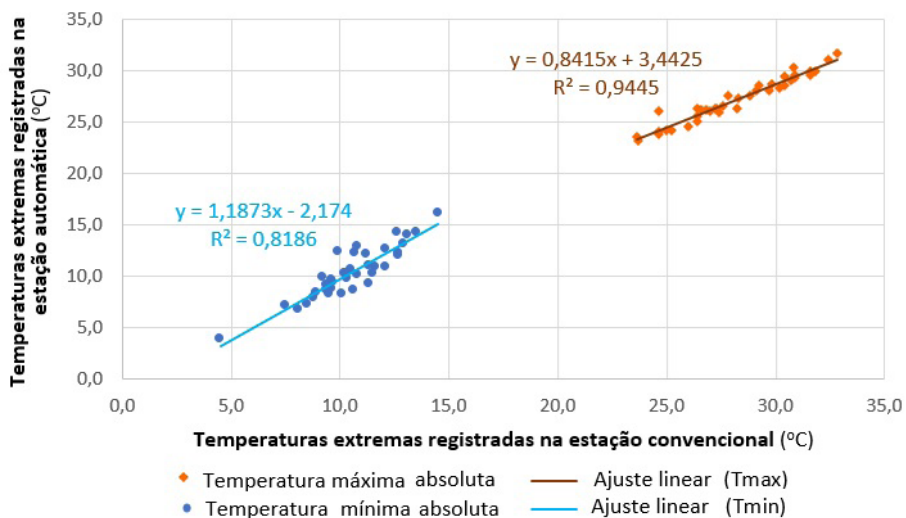


Figura 2. Relação linear entre os dados diários de temperaturas extremas registrados de 11/junho a 18/julho/2016 nas Estações Meteorológicas convencional e automática de Sete Lagoas/Inmet (Sete Lagoas-MG), Brasil. Fontes: Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 2021b).

Considerando os dados climáticos diários de temperatura e precipitação registrados em ambas as estações meteorológicas, inicialmente foi realizada análise de consistência visando identificar erros, como temperaturas máximas inferiores às mínimas, temperaturas médias compensadas inferiores às mínimas diárias ou superiores às máximas, valores negativos de temperatura e precipitação, ou valores muito discrepantes dos registrados em dias próximos ou na mesma época em outros anos (diferenças maiores que 100%) e a ocorrência de mais de quatro dias com dados repetidos (excetuando precipitações iguais a zero). Após a análise de consistência, foram calculados os valores médios anuais e mensais de temperaturas médias compensadas, máximas e mínimas, além dos valores absolutos extremos (máximo e mínimo). Quanto aos dados de precipitação, foram calculados os totais acumulados por ano e por mês. Também foram contabilizados os dias por ano e por mês sem chuvas, e com ocorrência de diferentes volumes de precipita-

ção, considerando as seguintes classes de volumes diários de precipitação acumulada: $>0 - 1\text{mm}$, $>1 - 5\text{mm}$, $>5 - 10\text{mm}$, $>10 - 50\text{mm}$, $>50 - 100\text{mm}$, $>100\text{mm}$ e, agrupadamente, $>1 - 10\text{mm}$. Adicionalmente foram identificadas as precipitações diárias de maior magnitude por ano.

Para o cálculo de dados anuais foram considerados os anos como registros durante mais de 90% dos dias do ano, ou seja, 1927 a 2020, no caso dos dados de temperatura, e 1927 a 2019, relativos aos totais acumulados de precipitação, já que em 2020 houve um período considerável sem registros durante a época de chuvas (29/set-09/dez/2020). Para o cálculo de estatísticas mensais foram considerados os dados dos meses entre 1926 e 2021 com mais de 80% dos dias com registro de dados. Para todas as variáveis e períodos analisados foi calculado o coeficiente de variação interanual dos valores de precipitação e temperatura, considerando a proporção do valor da média aritmética representada pelo desvio padrão da mesma série de dados. Coeficientes de variação acima de 20% foram considerados altos.

As análises de tendência de mudança de temperatura e dos padrões de precipitação foram realizadas através do ajuste de regressão linear simples, conforme metodologia apresentada por Guimarães et al. (2003). Assim, foi considerada a ocorrência de tendência de mudança temporal nos casos em que o coeficiente angular de inclinação da reta (b ou β), determinada pela análise de regressão linear associando os valores interanuais por variável com o tempo (ano), foi significativo ao nível de 5% pelo teste T.

Resultados e Discussão

Os valores médios de variação das temperaturas e dos padrões de precipitação anuais e mensais obtidos são apresentados na **Tabela 1**, destacando as tendências de mudanças significativas.

Em relação às temperaturas, os menores valores absolutos registrados foram de $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em 22/junho/1963), $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em 18/julho/1926) e $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em 09/junho/1985), meses de inverno. As temperaturas máximas absolutas observadas foram de $39,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em 17/out/2015) e $39,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (em 25/set/2015, 16/out/2015 e 22/out/2015), período em que finaliza a época de estiagem e inicia a de chuvas na região. Os coeficientes de variação mensais e anuais foram inferiores a 20%, excetuando no caso das temperaturas mínimas absolutas

anuais e dos meses de maio a agosto, que apresentaram coeficientes de variação entre 22,6% e 31,5%.

Análogo ao observado por Guimarães et al. (2004), foi verificada tendência de aumento de todas as temperaturas mensais e anuais. Neste estudo, entre 1927 e 2019, foi observado aumento médio anual superior a 1,0230 °C/ano das temperaturas máximas e mínimas absolutas; e, no caso das temperaturas anuais médias compensadas, médias das mínimas e médias das máximas, uma tendência média de aumento superior a 0,0181 °C/ano no mesmo período. As tendências de aumento das temperaturas médias e extremas anuais foram estatisticamente significativas num nível de significância de 5%, e das temperaturas máximas absolutas, também num nível de significância de 1% (**Figura 3, Tabela 1**).

Tendências significativas de aumento das temperaturas também foram observadas em mais da metade dos meses do ano (**Figura 4, Tabela 1**), predominando maiores taxas de incremento da temperatura em meses de inverno, como também observado por Guimarães et al. (2003, 2004), em estudo realizado considerando os dados registrados na mesma estação meteorológica, abrangendo o período de 1928 a 2003.

No caso das temperaturas máximas, entre 1927 e 2019 foi observado aumento médio significativo superior a 0,0216 °C/ano na maioria dos meses entre julho e outubro, e da média das máximas também em dezembro. Quanto às temperaturas mínimas médias, predominaram aumentos de mais de 0,0181 °C/ano principalmente nos meses de estiagem, entre abril e agosto, e de mais de 0,0215 °C/ano nas temperaturas mínimas absolutas na maioria dos meses do ano (excetuando maio, outubro e dezembro), sendo que em outubro e dezembro o aumento médio foi maior que 0,0175 °C/ano.

Para as temperaturas médias compensadas foi observado aumento médio significativo em 90 anos (0,0195 °C/ano); de valores superiores a 0,0211 °C/ano nos meses de abril, e de junho a outubro (meses de estiagem), mas também aumentos médios significativos acima de 0,0177 °C/ano em dezembro, janeiro e maio.

Assim como citado por Guimarães et al. (2003, 2004) e Gonçalves e Assad (2009), foi observada tendência significativa de aumento das temperaturas mínimas, principalmente nos meses de estiagem, indicando tendência

à ocorrência de invernos menos rigorosos, e de aumento das temperaturas máximas e médias na maior parte dos meses do ano, com ocorrência de períodos mais extensos com temperaturas elevadas.

Comparando as tendências de incremento das temperaturas observadas considerando registros da mesma estação meteorológica do período 1928-2003 (75 anos), analisados por Guimarães et al. (2004) com as de 1927-2020 (94 anos), identificadas no presente estudo, na maioria dos casos a diferença entre os coeficientes angulares de inclinação da reta de regressão diferiram menos do que 0,5%. Já no caso das temperaturas máximas média e absoluta foram verificados incrementos entre 0,55% e 1,67% superiores aos relatados por Guimarães et al. (2004) para os meses de setembro, outubro e janeiro, o que indica que nas últimas duas décadas provavelmente ocorreu um incremento na tendência de aumento das temperaturas máximas na região nesses meses.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) – IPCC), durante o século XX houve um incremento de 0,74 °C na temperatura média global, sendo que o aumento foi mais pronunciado nos anos 2001-2005, em que passou para 0,76 °C (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007), ou seja, incremento médio de 0,0076 °C/ano. De acordo com o pior cenário de aquecimento global apresentado no 5º Relatório de Avaliação (Fifth Assessment Report – AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013), a temperatura média do Brasil pode se elevar cerca de 4,0 °C até 2100, correspondendo a uma média próxima de 0,0455 °C/ano. Assim, a tendência de aumento observada para Sete Lagoas (0,0195 °C/ano) foi acima de 2,5 vezes maior do que a média global apresentada para o século XX, e representa em torno da metade da apresentada considerando o pior cenário de aquecimento global.

Tabela 1. Tendências de variações médias anuais e mensais de temperatura e precipitação entre 1926 e 2021 em Sete Lagoas-MG

Mês	Temperaturas (°C)				Precipitação acumulada (mm)	sem chuva	Precipitação					
	T Max Abs	T Max	T média	T Min			T Min Abs	>0 - 1 mm	>1 - 5 mm	>5 - 10 mm	>10 - 50 mm	>50 - 100 mm
janeiro	0,0125	0,0193	0,0177	0,0139	0,0219	0,2163	0,0031	-0,0125	-0,0073	0,0008	0,0038	0,0000
fevereiro	0,0164	0,0163	0,0146	0,0133	0,0211	0,1133	0,0047	-0,0038	-0,0148	-0,0046	-0,0002	0,0000
março	0,0162	0,0133	0,0153	0,0148	0,0281	0,3730	0,0059	-0,0026	0,0037	-0,0001	0,0094	0,0000
abril	0,0175	0,0200	0,0226	0,0206	0,0221	-0,1353	0,0103	-0,0021	-0,0055	-0,0017	-0,0075	-0,0053
maio	0,0095	0,0136	0,0181	0,0181	0,0134	0,1435	-0,0108	0,0059	0,0013	-0,0004	0,0000	
junho	0,0132	0,0114	0,0211	0,0237	0,0259	0,0119	-0,0021	-0,0039	0,0047	-0,0083	-0,0003	
julho	0,0219	0,0241	0,0280	0,0231	0,0105	0,0137	0,0012	0,0064	-0,0012	0,0070	0,0070	
agosto	0,0231	0,0172	0,0252	0,0228	0,0216	0,0528	0,0078	-0,0016	-0,0014	-0,0041	-0,0041	
setembro	0,0317	0,0216	0,0236	0,0167	0,0216	0,1234	0,0028	-0,0060	0,0051	0,0040	0,0000	
outubro	0,0244	0,0306	0,0271	0,0208	0,0175	-0,2390	0,0165	-0,0063	-0,0022	-0,0143	0,0000	
novembro	0,0199	0,0155	0,0166	0,0159	0,0281	0,4579	-0,0179	-0,0114	0,0091	-0,0010	0,0093	0,0016
dezembro	0,0184	0,0224	0,0184	0,0116	0,0177	0,0107	0,0050	-0,0141	-0,0178	-0,0168	0,0001	0,0082
Anual	0,0250	0,0188	0,0195	0,0181	0,0230	0,3731	0,0290	-0,0294	-0,0488	-0,0078	0,0063	0,0048
janeiro	1,1871 ns	1,8323 **	1,6823 ns	1,3159 ns	2,0791 **	20,5479 ***	1,8639 ***	0,2913 ns	-1,1876 ns	-0,6956 ns	0,7048 ns	0,3620 ns
fevereiro	1,5688 ns	1,5622 ns	1,3879 ns	1,2661 ns	2,0070 **	10,7646 ***	2,4242 ***	0,4453 ns	-0,3586 ns	-1,4085 ns	-0,4332 ns	-0,0149 ns
março	1,5387 ns	1,2657 ns	1,4568 ns	1,4103 ns	2,6673 ***	35,4313 ***	-1,2512 ns	0,4203 ns	-0,2493 ns	0,3492 ns	-0,0093 ns	0,8908 ns
abril	1,6632 **	1,8984 **	2,1502 **	1,9588 **	2,0995 **	-12,8556 ***	0,9815 ns	-0,1948 ns	-0,5196 ns	-0,1570 ns	-0,6233 ns	-0,5076 ns
maio	0,8970 ns	1,3073 ns	1,7168 **	1,7198 ns	1,1767 ns	13,4477 ***	-1,0233 ns	-0,7076 ns	0,5563 ns	0,1228 ns	-0,0423 ns	0,0000 ns
junho	1,2582 ns	1,0811 ns	2,0032 **	2,2521 **	2,4576 **	1,1275 ns	-0,1956 ns	-0,3691 ns	0,4438 ns	-0,7644 ns	-0,0244 ns	
julho	2,0783 **	2,2904 **	2,6627 **	2,1911 **	3,0922 **	0,9965 ns	1,3027 ns	0,1135 ns	0,6120 ns	-0,1637 ns	0,6608 ns	
agosto	2,1910 **	1,6341 ns	2,3948 **	2,1621 **	2,0387 **	5,0148 ***	-0,8796 ns	0,7365 ns	-0,1510 ns	-0,1310 ns	-0,3863 ns	
setembro	3,0117 ***	2,0557 **	2,2442 **	1,5884 ns	2,0477 **	11,7262 ***	-1,4839 ns	0,2635 ns	-0,5726 ns	0,4857 ns	0,3753 ns	0,0000 ns
outubro	2,3163 **	2,9074 **	2,5759 **	1,9803 **	1,6638 **	-22,7023 ***	1,5717 ns	0,5526 ns	-0,5965 ns	-0,2078 ns	-1,3542 ns	0,0000 ns
novembro	1,8877 ns	1,4720 ns	1,5603 ns	1,5128 ns	2,6884 **	43,5024 ***	-1,7035 ns	-1,0854 ns	0,8659 ns	-0,0937 ns	0,8858 ns	0,1485 ns
dezembro	1,5204 ns	2,1240 **	1,7464 **	1,1049 ns	1,6846 **	0,2022 ns	2,7509 ***	0,4795 ns	-1,6918 **	-1,3403 ns	-0,5748 ns	0,7796 ns
Anual	2,3760 **	1,7839 **	1,8518 **	1,7227 ns	2,1872 **	35,4463 **	5,6427 **	2,8930 **	-2,7952 **	-4,6379 **	-0,7413 ns	0,4593 ns

Legenda: T Max Abs - Temperatura máxima absoluta
 T Max - Temperatura máxima média
 T média - Temperatura média compensada
 T Min - Temperatura mínima média
 T Min Abs - Temperatura mínima absoluta

valor ** aumento significativo pelo teste T a 5%
 valor *** aumento significativo pelo teste T a 5% e 1%
 valor ns sem tendência linear significativa
 valor ** diminuição significativa pelo teste T a 5%
 valor *** diminuição significativa pelo teste T a 5% e 1%

¶ Variação média:
 1927-2021: jan-abr, 1926-2020: mai-set, 1926-2019: out-dez, 1927-2019: anual

b ou β = inclinação média ou coeficiente angular da reta determinada pela análise de regressão linear. Elaboração original. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (2021).

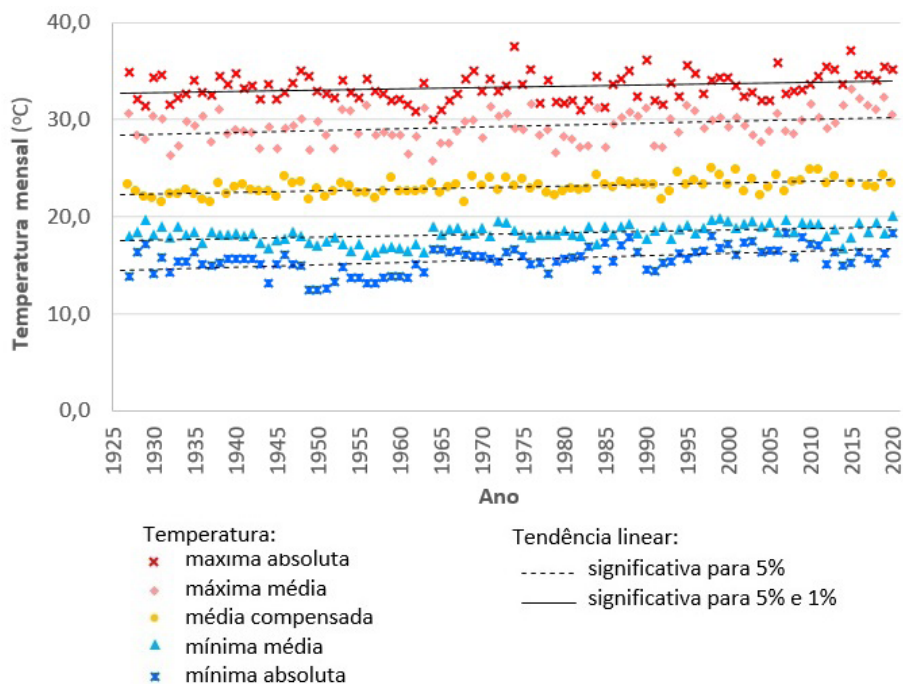


Figura 3. Tendências lineares de mudanças das temperaturas médias e extremas anuais registradas entre 1927 e 2020 na Estação Meteorológica de Sete Lagoas/Inmet, Sete Lagoas-MG. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 20121b).

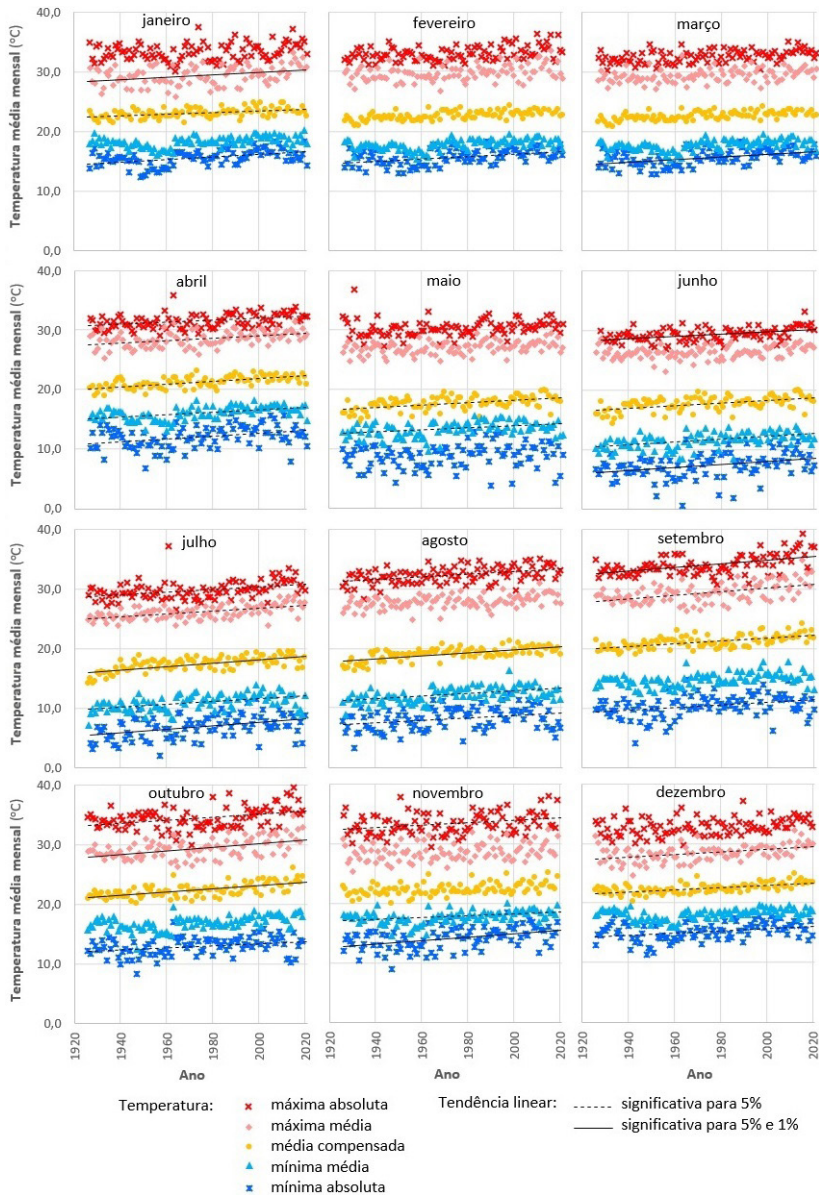


Figura 4. Tendências lineares de mudanças das temperaturas médias e extremas mensais registradas entre maio/1926 e abr./2021 na Estação Meteorológica de Sete Lagoas/Inmet, Sete Lagoas-MG. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 2021b).

Quanto aos dados de precipitação, o volume médio anual de chuva registrado entre 1928 e 2019 (93 anos) foi de 1.340,03 mm, tendo variado entre 463,9 mm em 1963 e 2.233,9 mm em 1979. As maiores magnitudes diárias registradas na estação principal de Sete Lagoas foram de 156,8 mm (em 17/dez/1950), 152,9 mm (em 23/jan./1977 e 147,7 mm (em 27/dez./1995).

Sete Lagoas apresenta regime de chuvas concentradas principalmente entre outubro e março, com meses mais secos de abril a setembro (Guimarães et al., 2004; Silva et al., 2014). Os volumes precipitados apresentaram variação interanual considerável em todos os meses do ano. As variações mensais foram superiores a 40%, sendo que entre janeiro e outubro ultrapassaram 50%; e nos meses de maior estiagem (maio a agosto), variaram entre 101% e 187%. O coeficiente de variação considerando conjuntamente os 12 meses do ano foi de 23,27%. Entre 1927 e 2019 foi observada uma tendência média de aumento significativo do volume precipitado de aproximadamente 35,4 mm (**Figura 5**). Em nível mensal, no entanto, foi verificada tendência média de diminuição significativa do volume precipitado em abril e outubro (meses de transição entre as épocas de chuvas e de estiagem e vice-versa) e de aumento significativo nos sete meses entre agosto e maio, excetuando outubro, dezembro e abril. O mês com maior tendência média de aumento foi novembro (43,5 mm), mês seguinte ao que foi observada maior tendência mensal de redução em 22,7 mm, possivelmente indicando uma tendência de atraso das precipitações nas primeiras semanas de início da época de chuvas, podendo implicar déficit hídrico para lavouras que são comumente semeadas ou foram recentemente plantadas nessa época do ano, e até o atraso dos plantios.

Apesar da tendência observada de aumento do volume precipitado anualmente, também foi verificada tendência de aumento do número de dias sem chuvas, indicando maior concentração do volume precipitado em menos dias do ano (**Tabela 1, Figura 5a**). Entre 1927 e 2019 foi observada tendência média de diminuição significativa de quase seis dias por ano (5,84) com ocorrência de chuvas, tendência observada principalmente nos meses de dezembro a fevereiro, durante a época de chuvas e de desenvolvimento em campo das lavouras não irrigadas. Assim, a tendência significativa de aumento do volume precipitado entre dezembro e fevereiro, ao mesmo tempo em que há tendência de diminuição dos dias com chuva nessa época, indica progressiva

concentração das chuvas em menos dias e, portanto, aumento do volume médio diário precipitado nos dias com chuva.

Em relação à distribuição anual dos volumes diários precipitados, foi observada tendência significativa de aumento dos dias com precipitações inferiores a 1 mm, de redução de aproximadamente três dias (-2,7952) daqueles com precipitações entre 1 mm e 5 mm, e de quase cinco dias (-4,6379) dos dias com precipitações entre 5 mm e 10 mm. Precipitações diárias entre 1 mm e 10 mm são preferíveis para a agricultura, pois há maximização de infiltração da água no solo, e conseqüente menor lixiviação e perda de nutrientes solúveis da matriz do solo pelo escoamento da água, causando erosão. Foi verificada tendência significativa (para 5% e 1%) de diminuição do número de dias com precipitações entre 1 mm e 10mm (**Figura 5b**). Entre 1927 e 2019 foi calculado coeficiente anual de *inclinação da reta de regressão linear (b ou β)* de -0,0779, indicando redução de -7,4 dias com ocorrência de chuvas dessas magnitudes no período.

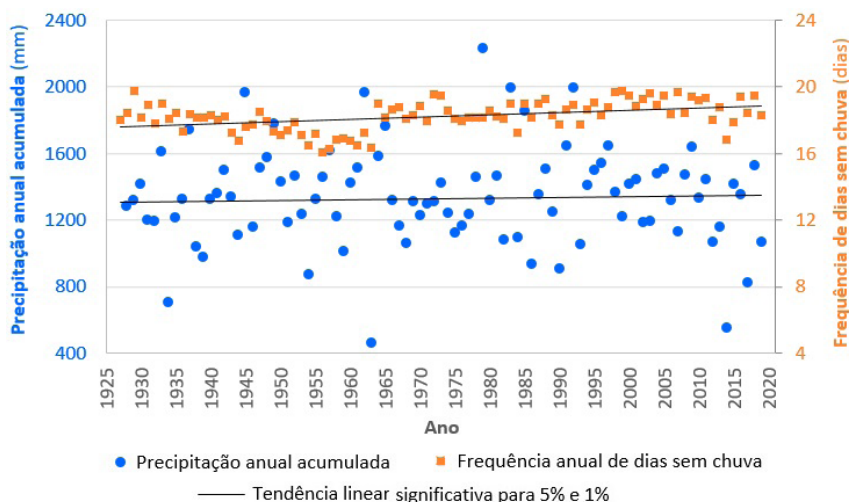
No caso de chuvas diárias acima de 50 mm, embora não tenham sido registradas em todos os anos e mesmo que não estatisticamente significativa, foi registrada tendência de aumento dos dias com volumes diários de precipitação superiores a 50 mm e a 100 mm, como pode ser observado nas estatísticas por décadas apresentadas na **Figura 6**. No caso de volumes diários de precipitação acima de 100 mm o primeiro registro ocorreu em 23/dez/1949 (final da década de 40), e até o final da década de 60 não foram observados mais do que dois registros diários por década, sendo que a partir da década de 70 variou entre dois e cinco dias com volumes precipitados acima de 100 mm. Entre 1927 e 2019 foi verificada tendência significativa de aumento da severidade de eventos extremos representados por chuvas de maior magnitude diária nas últimas décadas (**Figura 5b**). Entre 1927 e 2019 foi calculado coeficiente anual de *inclinação da reta de regressão linear (b ou β)* de 0,2915, indicando aumento de 27,693 mm no período em termos de magnitude máxima anual dos volumes diários precipitados.

Outros autores também têm observado elevação significativa dos totais pluviométricos das chuvas mais fortes do ano e de aumento da frequência e intensidade de eventos extremos de precipitação e temperatura em várias regiões do País nas últimas décadas, como Lima et al. (2001), Frich et al. (2002), Obregón e Marengo (2007), Marengo et al. (2009), Pinto e Assad

(2008). A tendência de redução do número de dias com chuvas mais propícias para a agricultura, aliada ao aumento da ocorrência de chuvas diárias de maior magnitude, indica probabilidade futura de aumento das restrições climáticas para o desenvolvimento da agricultura e outras atividades dependentes do clima.

Além de causas de ordem natural, mudanças climáticas podem ocorrer em função de impactos relacionados à intensificação de ações antrópicas, como o expressivo aumento populacional e industrial, aliado a mudanças ambientais decorrentes da variação de padrões de uso da terra (principalmente uso intensivo e mal manejado), e incremento de desmatamento e queimadas, além do aumento no uso de combustíveis derivados principalmente do petróleo ou carvão mineral, atividades que contribuem para o aumento das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007; Marengo, 2007; Pinto; Assad, 2008; Nobre et al., 2012).

a



b

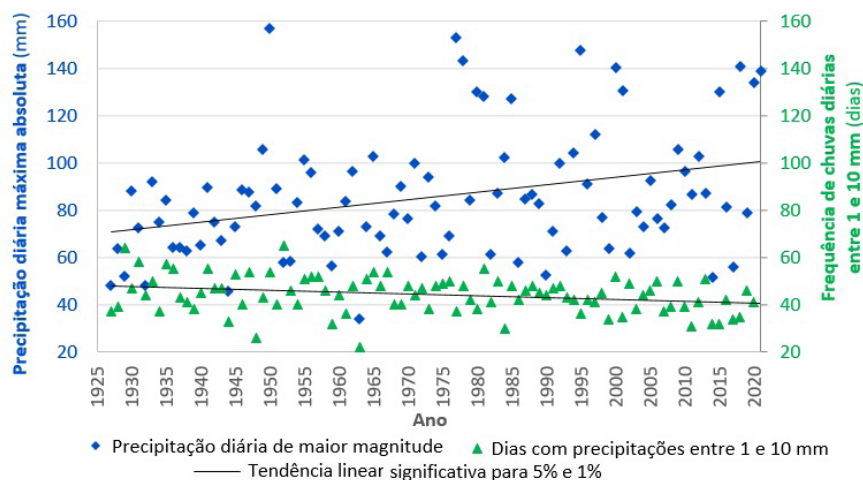


Figura 5. Tendências lineares de mudanças da precipitação anual e das frequências anuais de dias sem chuva ou com chuvas diárias entre 1 mm e 10 mm registradas entre 1927 e 2019 na Estação Meteorológica de Sete Lagoas/Inmet, Sete Lagoas-MG: a) variação anual da precipitação acumulada e do número de dias SEM chuva e b) variação anual dos volumes diários de maior magnitude e da ocorrência de volumes diários precipitados entre 1 mm e 10 mm. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 2021b)

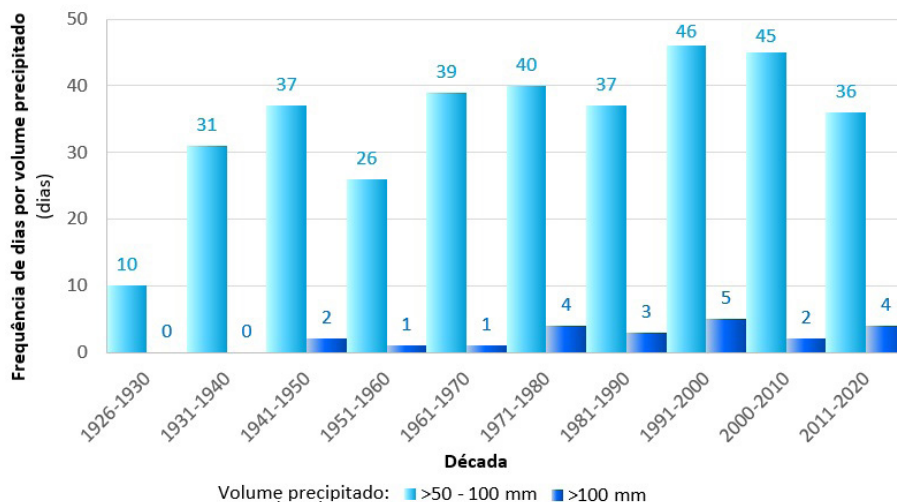


Figura 6. Variação da frequência de dias com precipitações superiores a 50 mm por década entre 1926 e 2020 na Estação Meteorológica de Sete Lagoas/Inmet, Sete Lagoas-MG. Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (2021a, 2021b).

Considerações Finais

A temperatura em Sete Lagoas-MG apresentou tendência de aumento significativo entre 1926 e 2021. As temperaturas máximas e mínimas absolutas foram as que apresentaram maior incremento durante o período. As maiores tendências de aumento foram verificadas nos meses de junho a outubro, mostrando tendência a ocorrerem invernos menos rigorosos.

Enquanto é citado um aumento médio de 0,0074 °C/ano na temperatura média global no século XX, na Estação de Sete Lagoas/Inmet foi registrado aumento médio de 0,0195 °C por ano, acima de 2,5 vezes maior. Além de causas de ordem natural, é provável que ações antrópicas na região ou áreas de influência sobre esta ao longo dos últimos 90 anos tenham contribuído para tal.

A precipitação anual também apresentou tendência de aumento do volume, porém de aumento significativo dos dias sem chuva, de redução significativa do número de dias com ocorrência de chuvas entre 1 mm e 10 mm, de aumento da ocorrência de chuvas diárias de maior magnitude.

As maiores tendências de redução dos dias com chuva concentraram-se principalmente nos meses chuvosos, indicando uma tendência de concentração das chuvas num período mais curto. A tendência média de redução do volume precipitado no mês de outubro e de aumento em novembro também indica tendência de atraso do início do período chuvoso, com possíveis consequências para a agricultura, como atraso dos plantios ou déficit hídrico em fases iniciais e mais críticas de desenvolvimento das culturas agrícolas plantadas logo após o início da época chuvosa. Adicionalmente, tendência de redução do número de dias com chuvas mais propícias para a agricultura, aliada ao aumento da ocorrência de chuvas de maior magnitude, indica probabilidade futura de aumento das restrições climáticas para a prática da agricultura e outras atividades dependentes do clima. Desigualdades regionais e sociais tendem a aumentar a vulnerabilidade do meio ambiente e da população às mudanças climáticas.

Referências

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p. Disponível em: <http://bodegadageografia.blogspot.com/2016/04/ayoade-jo-introducao-climatologia-para.html>. Acesso em: 21 abr. 2021.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v36n5/5544.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

CUNHA, G. R. **Meteorologia: fatos & mitos - 3**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 440 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178894/1/ID8740-2003LVFatosMitos3.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2021.

CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001. Número especial. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/revista/cap1.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

DECONTO, J. G. (coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. [Brasília, DF]: Embrapa; [Campinas]: Unicamp, 2008. 82 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102629/1/Aquecimento-Global-e-a-Nova-Geografia-na-Producao-Agricola-1.pdf>. Acesso em: 27 maio 2021.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7 p. 933-938, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v37n7/10796.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 82 p. Disponível em: https://www.ufsm.br/%2Fapp%2Fuploads%2Fsites%2F413%2F2018%-2F11%2F08_climatologia_agricola.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; TANK, A. M. G. K.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, v. 19, n. 3, p. 193-212, 2002. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/24866781>. Acesso em: 20 maio 2021.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCIA Y GARCIA, A.; BASANTA, M. V. Air temperature, maize yield and phenological characterization associated to heat units, **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/ChWnkdd6rpc3PNQbTWfddXP/?lang=pt>. Acesso em: 11 maio 2021.

GONÇALVES, R. R. do V.; ASSAD, E. D. Análise de tendências de temperatura mínima do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 1 CD-ROM. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16826/1/115.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A.; FARIA, C. M. Variações da temperatura entre 1926-2003 em Sete Lagoas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Situação atual e perspectivas da agrometeorologia**: anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2003. p. 1013-1014. Disponível em:

<http://www.sbagro.org/index.php?page=biblioteca&q=sans>1151.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P.; LEÃO, M. S. Tendências de variação da temperatura e da precipitação em 75 anos de observações na estação climatológica principal de Sete Lagoas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194994/1/Tendencias-variacao-2.pdf>. Acesso em: 13 maio 2021.

GUISCHEM, J. M.; SANS, L. M. A.; NAKAGAWA, J.; ZANOTTO, M. D.; MATEUS, G. P. Fatores ambientais que afetam a taxa de secagem no grão de milho (*Zea mays* L.) após a maturidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 1, p. 83-86, 2001. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/609.pdf>. Acesso em: 9 maio 2021.

IBGE. [**Malha municipal digital 2020**]: downloads: organização_do_territorio: malhas_territoriais: malhas_municipais: municipio_2020: Brasil: BR: BR_Municipios_2020. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 12 fev. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos**: série histórica: dados climáticos diários. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2021a

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológica do Brasil**: período 1981-2010: temperatura mínima absoluta (°C). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 21 abr. 2021b

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Perguntas frequentes**: monitoramento do território: mudanças climáticas. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9>. Acesso em: 24 abr. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate change 2007**: the physical science basis. 2007. Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4wg1.htm>. Acesso em: 4 fev. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate change 2013**: the physical science basis. 2013. Report. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>. Acesso em: 4 fev. 2021.

LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; GONZALEZ MIGUEZ, J. D. (ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 397 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/180697/1/Lima-mudancas-4702-Lv.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/fXZzdm68cnzdt6Khr8zYx3L/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 212 p. (Biodiversidade 26). Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Livro2_completo.pdf. Acesso em: 10 maio 2021.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 15, p. 2241-2255, 2009. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2009/12.28.10.33/doc/Future.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**: sumário técnico. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 54 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2007/05/09/caracterizacao-do-clima-atual-e-definicao-das-alteracoes-climaticas-para-o-territorio-brasileiro-ao-longo-do-seculo-xxi/>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. 42 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/nobre_reid_veiga_fundamentos_2012.pdf. Acesso em: 24 abr. 2021.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J. A. **Caracterização do clima no Século XX no Brasil**: tendências de chuvas e temperaturas médias extremas. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 87 p. Relatório nº 2. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_2.pdf. Acesso em: 10 maio 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **O aumento alarmante da temperatura global**. Notícia. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-aumento-alarmando-a-temperatura-global>. Acesso em: 28 maio 2021.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2008. 83 p. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf. Acesso em: 13 mar. 2021.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. **Agrometeorologia dos cultivos**: informações para uma agricultura sustentável. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce630/EC_1_2014.pdf. Acesso em: 30 mar. 2015.

SILVA, A. P. C. M.; RODRIGUES, J. A.; SANTOS FILHO, J. dos. Estudo da precipitação pluviométrica no período seco chuvoso do município de Sete Lagoas, MG. **Revista da Estatística UFOP**, v. 3, n. 3, p. 436-440, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufop.br/rest/article/view/3445/2708>. Acesso em: 10 abr. 2021.

SIQUEIRA, O. J. W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M. F.; COSTA, A. C.; WOZNIAK, M. A. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 2, p. 311-320, 2000. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1256.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

THOMAZ, G. L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L. O.; NOGUEIRA, R. R. Produção do girassol e teor de óleo nos aquênios em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1380-1385, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v42n8/a24012cr5992.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

UNGARO, M. R. G.; SENTELHAS, P. C.; TURATTI, J. M.; SOAVE, D. Influência da temperatura do ar na composição de aquênios de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 351-356, 1997. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/228722549.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

VASCONCELLOS, C. A. Temperature effect on carbon biomass in soils from tropical and temperate regions. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 94-104, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/RSL5tthsgDhjbFdfGkDKrxg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2021.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

